PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number:

2002-072266

(43) Date of publication of application: 12.03.2002

(51)Int.CI.

G02F 1/37 G02B 1/02 G02F 1/03 G02F 1/29

G02F 1/355 G02F 1/39

(21)Application number : 2000-255102

(71)Applicant: NATIONAL INSTITUTE FOR

MATERIALS SCIENCE FURUKAWA YASUNORI KITAMURA KENJI

TAKEGAWA SHUNJI

(22)Date of filing:

25.08.2000

(72)Inventor:

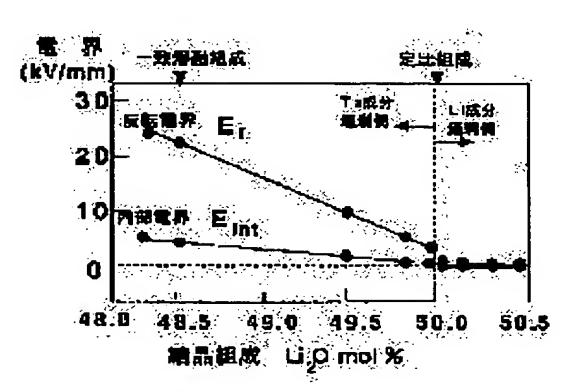
FURUKAWA YASUNORI

KITAMURA KENJI TAKEGAWA SHUNJI

(54) OPTICAL FUNCTIONAI, ELEMENT USING FERROELECTRIC POLARIZATION INVERSION OF LITHIUM TANTALATE

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical functional element in which the controllability of a polarization inversion structure is improved and the resistance against optical damage is further improved. SOLUTION: The following optical elements (1) to (3) or the like can be realized by using a single crystal of lithium tantalate having nearly a stoichiometric composition with excess Li and 0.500 to 0.505 mole fraction of Li2O/(Ta2O5+Li2O) for the substrate. The elements are (1) an optical functional element which converts the wavelength of incident laser light having the wavelength in the visible to near IR region into shorter or longer wavelength by periodically reversing the polarization structure of the lithium tantalite single crystal, (2) an optical memory element or optical circuit element to record various kinds of information in the single crystal by forming polarization reversal in a minute region in the lithium tantalate single crystal in a single polarization state, and (3) an optical element which



controls the laser light incident to the single crystal by using the electro-optical effect of the single crystal and which deviates, focuses or switches the light by using the large change in the refractive index in the reversal structure of the ferroelectric polarization of the lithium tantalite single crystal.

Ļ

41

传開2002—72266 (P2002—72266A)

FI G02F 1/37 G02B 1/02 G02F 1/03 G02F 1/03 501 1/29 有 耐浓用の数6 OL (全12 里)						(43)公開日	(43)公開日 平成14年3月12日(2002.3.12)	2日(2002.3.12)
1/37 G02F 1/37 2 1/02 G02B 1/02 2 1/03 501 601 1/29 1/29 501 1/355 501 \$\$\frac{\$\frac{\pi}{420}\$}{\pi}\$ \$\$\frac{\pi}{420}\$ 1/355 501 \$\$\frac{\pi}{420}\$ \$\$\frac{\pi}{420}\$	(51) Int.Cl.7		裁別記号	ţzı	-		12.	デー73ード (参考)
1/02 G02B 1/02 2 1/03 501 G02F 1/03 501 1/29 1/29 1/35 501 \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$	G02F	1/37		0.5		1/37		2H079
1/03 501 G02F 1/03 501 1/29 1/29 501 1/355 501 審查徵求 有 國次項の数 6 OL (全 12 頁)	G02B	1/02		0.5		70/1		2K002
1/29 501 寄在留水 有 留水項の数6 OL (全12 頁)	G02F	1/03		00		20/1	501	
501 審査翻求 有 開次項の数6 OL (全12 頁)		1/23				82/		
有 館次項の数 6 OL (全 12 頁)		1/355			~	/355	501	
				寄 在 的 有	原农用		(全12 頁)	成株 耳に統く

(21) 田図毎9	特配2000—255102(P2000—255102)	(11) 田國人	(71) 出國人 301023238
			独立行政法人物質·材料研究機構
(22) 出與日	平成12年8月25日(2000.8.25)		数域県つくば市千現一丁目2番1号
		(71)出國人 500121621	500121621
や昨长年30条年1	特許法第30条第1項適用申留有り 2000年5月10日		古川 保典
(社) 応用物理学	(社)応用物理学会発行の「応用物理類の物類5号」に		场玉県深谷市上柴町西四丁目17番地15号
発安		(71) 出題人 500121595	500121595
			光林 奥二
		1	炭塩県つくば市吾安四丁目13番81号
		(71) 出國人 500121643	500121643
			竹川 俊二
			茨城県つくば市吾要二丁目11番炮801枚403
			\$
			母件買に続く

(54) 【発明の名称】 タンタル位リチウム単結晶の強勝位分極反応を利用した光做能索子

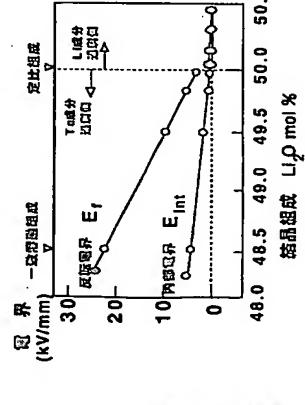
(57) [歴わ]

【効果】 分極反転構造の制御性を向上し、さらに耐光 損傷性を向上した光極能器子を提供できる。

【桁成】 に過剰のストイキオメトリ組成に近いにi20/(Ta205+Li20)のモル分率が0.500~0.505であるタンタル配りチウム単結晶を基板に用いると、(1) タンタル配り子ウム単結晶の分極抑造を周期的に反転させ、可視から近赤外域の波長を持った入射レーザーの波長を短波及化めら近赤外域の波長を持った入射レーザーの波長を短波状態にあるタンタル酸リチウム単結晶に微少領域で分極反応を形成し、分極反転させることで種々の情報を単結晶内に配録する光配位案子あるいは光回路案子、(3)単結晶の電気光学効果を利用して単結晶内に入射されたレーザー光を制御する光案子であって、タンタル酸リチウム単結晶の強誘電分極を反応抑造の大きな屈折率変化

を利用して光の偏向、焦点、スイッチングを行う光索子

などを知現できる。



[特許請求の範囲]

【請求項1】 タンタル酸リチウム単結晶の分極構造を 周期的に反転させ、可視から近赤外域の波長を持った入 射レーザの波長を短波長化あるいは長波長化させる光機 能素子において、Li過剰のストイキオメトリ組成に近い Li20/(Ta205+Li20)のモル分率が0,500~0,505であるタ ンタル酸リチウム単結晶を基板に用いたことを特徴とす る光機能素子。

【精水項2】 単一分域状態にあるタンタル酸リチウム単結晶に微少領域で分種反転を形成し、分極反転させることで種々の情報を単結晶内に記録する光記億案子あるいは光回路案子において、Li過剰のストイキオメトリ相成に近いLi20/(Ta205+Li20)のモル分率が0.500~0.505であるタンタル酸リチウム単結晶を基板に用いたことを特徴とする光機能素子。

【簡求項3】 単結晶の電気光学効果を利用して単結晶内に入射されたレーザ光を制御する光素子であって、タンタル酸リテウム単結晶の強誘電分極の反転構造の大きな屈折率変化を利用して光の偏向、焦点、スイッチングを行う光素子において、Li過剰のストイキオメトリ組成に近いLi20/(Ta205+Li20)のモル分率が0.500~0.505であるタンタル酸リチウム単結晶を基板に用いたことを特徴とする光機能素子。

【請求項4】 上記のストイキオメトリ組成に近いタンタル酸リチウム単結晶を用いた光機能索子は、基板となるタンタル酸リチウム単結晶のキュリー温度が686~695°Cの範囲であることを特徴とする請求項1~3のいずれかに記載の光機能築子。

【精求項5】 前記のストイキオメトリ組成に近いタンタル酸リチウム単結晶基板は、分極反転に必要とする印加電圧が2kV/mm以下であることを特徴とする請求項1~4のいずれかに記載の光機能業子。

【請求項6】 前記のストイキオメトリ組成に近いタンタル酸リチウム単結晶基板は、波長407kmの連接発版レーザ照射に対して103kW/cm²以上の耐光損協闆値を持つことを特徴とする請求項1~4のいずれかに配戴の光機能需子。

[発明の詳細な説明]

[0001]

【発明の関する技術分野】本発明は、レーザ光を利用した光情報処理、光加工技術、光化学反応技術、光計測制御等々の分野で利用するタンタル酸リチウム (LiTaO3) (以下LTと略配する) 単結晶からなる光機能案子に関し、特に、LT単結晶の分極を周期的に反転させ、レーザ光の基本波長を短波長化あるいは長波長化する波長変換案子、および、分極反転構造の大きな屈折率変化を利用する光の偏向、焦点、スイッチングを行う素子、およびLT単結晶の微少領域の分極を反転させることを記録に用いる光記憶楽子および光回路案子に関するものであ

[0002]

【従来の技術】して単結晶は、主に、最面弾性波紫子や 光変関器の基板として使用されている強誘館体である が、可視から赤外の広い波長域で透明であり、電圧を印 加することで周期的な分極構造を作成でき、ある程度與 用的な光学的非線形性と電気光学特性を有し、さらに、 大口径で組成均質性の高い単結晶が比較的安価で供給可 能なことから、近年、波長変換架子などの機能素子の基 板としても注目されている。

【0003】特に、近赤外波長の半導体レーザを非線形光学効果により半波長の昏色光に変換する導波路型の光第二高型波発生(SHG)素子の開発が期待されており、なかでも、光ディスクの高密度記録・再生用光源として、LN、LT、KTPなどの無機単結晶の分極構造を周期的に反転した素子を用いたSHG素子は最も良く研究されている。

[0004]このSHG来子は、疑似位相騒合 (Guasi Phase Matching:GPW) 方式によるもので、基本波と高関波の伝搬定数の差を周期構造で補償して位相整合をとる方式である。この方式では高い変換効率が得られること、出力光の平行ビーム化・回折限界集光が容易であること、適用できる材料や波長に制限がないことなど、多くの優れた特徴を持っている。

[0005] UPMのための周期構造としては、SH6係数(4係数)の符号を周期的に反転した構造が高い効率を得る上で最も有効であり、強誘電体結晶では4係数の正負は強誘電体分極の極性に対応するので、強誘電分極ドメインの周期反転構造が利用されている。UPW-SHG方式では、複屈折を利用した位相整合方式では使えない非線形光学定数422や433等も使えるために高効率の波長変換ができることは大きなメリットと考えられる。

【0006】特に、LT単結晶は、LN単結晶と並ぶ大きな非線形光学定数(d33か26pm/V)を持ち、LN単結晶に比べて光損低に強く、また、基礎吸収端が280mmまで伸びており、短波長の波長変換材料として有望であ

【0007】また、電気光学効果を利用した光学索子においては、例えば、文献(M. Yamada et al., Appl.Phy s.Lett., 69,p3659,1996)によると、強誘電体結晶中にレンズやプリズム状の分極反転構造を形成し、これを通過したレーザ光を電気光学効果を利用して偏向する光索子やシリンドリカルレンズ、ビームスキャナー、スイッチなどが新しい光発子として注目され、LT単結晶も基板材料として有望とされている。

【0008】これまで市販されているして単結晶は、融点約1650℃、キュリー温度約600℃の強誘電体結晶で、通常、若干の酸素を含む遠元雰囲気中でイリジウムるつぼ内で溶かした融液からチョクラルスキー法により育成されている。LT単結晶の詳細な相図は報告されていないが、例えば、文献(S. Miyazawa et al. J. Grystal

ζ,

9

φ S 2

-

ı

特開2002

€

単結晶と同様に定比組成(化学位価組成)とコングルエント組成(一致溶脱組成)は一致しないことは良く知ら Growth 10, p276, 1971) に示された相図によると、LN

【0009】コングルエント組成のみが融液組成と結晶 **育成することが出来る組成であるため、現在、各種用途** に製造、使用されている結晶は、全てLi20/(Ta205+Li2 組成とが一致し、結晶全体にわたって均一組成の結晶を 0)のモル分甲が0,4830~0,4853のコングルエント組成の 【0010】特に、工鉄的な固から安値で大口磁のして **結品を供給するためには、精密に管理されたコングルエ** ント組成胎液から育成することが缸要であるため、組成 ント組成は結晶**育成の全行程において、Li20/(Ta205+L** に敏磁な結晶のキュリー温度を、例えば、601℃に対し ていで以内に貸理することで、して単結晶のコングルエ i20)=0.4830~0.4853の間で쮺密に決められている。

【0011】しかし、従来のコングルエント組成して単 結品はTe成分が過期であるため、数%に選するTeイオン この影響は殺面弾性波索子を用としては深刻でないとし 6,1971) に示された相図からわかるように、 し設度が定 比よりも高い組成の融液から定比に近い組成の結晶が析 クイヒ!イオンを位き換えているし (アンチサイト欠陥)、 Liイオンサイトにも数%の空位欠陥をもたらしている。 文献 (S. Miyazawa et al. J. Crystal Growth 10,p27 て、定比に近い組成を持つ結晶の開発が望まれていた。 [0012] このため、光磁能衆子応用への基板とし ても、光機能衆子応用には無視することはできない。 出できる。

【0013】しかし、従来から大口径のLT結晶を工業 的に大丘生虚する手段として使用されているチョクラル スキー法を用いて定比組成結晶を育成しようとした場合 には、結晶の析出に伴ってい成分の過剰分が坩堝内に残 されることになり、融液のLiとTaの組成比が徐々に変化 するため、育成開始後すぐに融液組成比は共晶点に至っ に制限され、析出した結晶の品質も光樹能発子広用に使 このため、結晶の固化率はわずか10%程度 用できるものではない。 てしまう。

ングルエント組成の不定比欠陥温度を大幅に低減したい 【0014】本免明者らは、従来の市販されているコン ゲルエント組成のして結晶と異なる新規物質として、コ 20/(Ta205+Li20)のモル分率が0.495~0.50のTa3類の 定比相成に近いタンタル敵リチウム単結晶の免明をな し、特許出願した(特開平11-35393号公報)。また、 の新規結晶に関して下記のように文献報告した。

6

【0015】この不定比欠陥を低減して商品質結晶を開 発する手段として、本免明者らは、原料を連続的に供給 しながら育成する方法(以後遊機供給法と略記する)を 扱案した(例えば、Y. Furukawa et al. J. Crystal Gr owth 197, p889, 1999) 。 具体的には、育成融液のLi20/

臺 を求め、そのレートで結晶と同じ定比組成の成分の原料 粉末を外るつぼと内るつぼの間に連続的に供給するとい υ ω 00~0.5900とし、るつぼを二重構造にして内のるつぼから定比相成に近いして結晶を引き上げ、引 上げている結晶の重位を随時測定することで成長レー (Ta205+Li20) のモル分¤をLi成分の過剰のO. う方法である。

が可能となり、原料供給凸に対して100%の結晶固化 【0016】この方法を用いることで、長尺の結晶育成 **平を奥現している。この方法で育成された結晶は、キュ** 4 **租成結晶のキュリー温度の601よりはるかに商温度に** 뱊 あり、Ta過剰の定比組成に近いタンタル酸リチウム単 リー温度が675~685°Cと、従来のコングルエン 晶が得られたことが報告されている。

[0017] さらに、最近、本発明者らは、上記のTa過 $\boldsymbol{\varkappa}$ 刺の定比組成に近い結晶では、分極反転に要する印加電 **買、1998年)。すなわち、従来のコングルエント組成結** Ha **晶における数%の不定比欠陥(アンチサイト欠陥や空位** itamura et al. Appl. Phys.Lett. 73.p3073,1998や古 川保典他、第43回人工結晶討論会講演要旨集1A12、第2 圧が従来の10分の1程度で済むことを報告した(K. 期的な分極構造を作成するのに必要な印加電圧を高く 欠陥)の存在が、して結晶が本来有する光学特性や、 ている可能性があることを報告している。

酸リチウム単結晶では、従来のコングルエント組成に較 は、結晶毎による耐光損傷閾値が数析以上もばらつくこ =とが報告されている(例えば、古川保典他、第60回応用 **塩岡値が向上し、結晶毎のばらつきも若干小さくなるこ べると、波長235mの緑色光ワーが照射に対して耐光損** 物理学会学術精演会構演予稿與2p-28-1, 第3分冊, 1001 とが知られているが、Te過剰の定比組成に近いタンタ 【0018】また、コングルエント組成して単結晶で 頁.2000年)。

液長か400nm近傍での耐光損傷閾値は波長532nmでの耐光 従来のコングルエント組成よりも優れた耐光損傷関値を た、いずれの組成でも、Ta過剰なして単結晶の光損低は 示すことが知られている(例えば、宮本晃男他、4回人 【0019】 ならに、 波束532nmの 数の 光フー が 既 転 に 照射するレーザの波長が短くなると発生しやすくなり、 対して、MGを添加した定比組成に近いして単結晶は、 損傷関値よりも2桁以上も低下することが知られてい 工結晶討協会購演要旨集27A、第75頁、1999年)。ま

680~685°C) を用いた疑似位相整合 (Quasi-Phase-Mato ム単結晶、定比組成に近いして単結晶(キュリー温度が 【OO2O】Ta過剰の定比組成に近いタンタル酸リチウ が報告されている(例えば、畑中牟明也、第60回応用物 理学会学術講演会講演予稿集2a-k-7,第3分冊,932頁,199 hing:OPM) 衆子としての近赤外域パルクOPO衆子の研究 9年)。 z カットの一致溶散組成のして単結晶の片面に

この電極を通じ に、素子作成は微少な面積における分極反転構造の形成 に限られ、大面積に亘り分極反転を形成できるまでには で数KV/mn程度のパルス電圧を印加することで厚さ1~ 2mmの近赤外域パルク0P0衆子が比較的容易に作成でき ている。しかし、分極反転の均一化が困難であるため 周期電極を反対面に一様電極を設けて、 至っていない。

【0021】さらに、本発明者らが先に発明したTa過剰 の定比組成に近いして単結晶を基板に用いて結晶基板厚 3. 第3分冊, 1105頁, 2000年) によると、分極反転制御は より困難になり、これを基板に用いたパルク090衆子は 他、第47回応用物理学会学術講演会講演予稿集30p-2D. みが3mmの0P0衆子の作成を検討した報告(中村孝一朗 年られていない。

[0022]

の分極反転構造を用いた波長変換光機能紫子を実現する 電圧印加法がよく知られており、一般的によく使用され [発明が解決しようとする課題] 強誘電体単結晶基板上 を奥現できなくなってしまう。分極反転形成方法として ているが、分極反転幅比を完全な1:1や1:3などに形成 するのは非常に難しく、プロセスの再現性にも問題があ 上で最も重要な技術は、周期的分極反転構造を精度よく 衆子の反転周期の不完全さがあると小型で高効率の案子 生成する技術である。OPW構造を用いた波長変換条子で は、OPM条件の許容度が大変厳しいために、形成された

結晶の片面に周期電極を反対面に一様電極を設けてこの **電極を通じてパルス電圧を印加することで周期電極直下** 幅と電極幅は必ずしも一致するとは限らず、その作製器 の部分を2軸方位に向けて分極反転させるが、反転分権 電圧印加法では2カットのLT単 [0023] 例えば、 差も大きい。

【0024】特に、分極反転部の幅方向の拡大は、再現 性良く衆子を作製する上で大きな問題とされていた。ま 異なるなどの問題も発生し、これまで、理想的な形での ルエント組成して単結晶の場合には、分極反転に必要な 反転できる基板厚みも0.5mm以下と限られ、1mm以上のピ **一ム径の高出力レーザ衆子への応用はきわめて困難とさ** 反転が途切れたり、分極反転幅が2カット結晶の両面で OPN素子の実現には至っていない。特に、従来のコング た、反対面のz軸方向に分極反転が形成される途中で、 印加電圧は20kV/mm以上と高電圧が必要とされるため、 れていた。

衆子作成は微少な面和における分極反転構造の形成に限 Ta過剰の定比組成に近いして単結晶を基板に用いること されているが、分権反転の均一化が困難であるために、 で、厚さ1~3mmの近赤外域バルク0P0紫子の作成が検討 【0025】これに対し、本発明者らが先に発明した、 られ、大面積に亘り分極反転を形成できるまでには至 **れいない。**

強誘電体単結晶の電気光学効果を利 プリズム状の分極反転構造を作製し、これを通過したレ る屈折率の反転を形成した単結晶の電気光学効果を利用 造の設計や分極反転構造の作製プロセスの精度、および 用した光蛟関索子や、して単結晶に形成されたレンズや 一ザ光を観気光学効果を利用して個向する光衆子やシリ ンドリカルレンズ、ピームスキャナー、スイッチなども 新しい光素子などを冥現する上でឮ要なことは、小型で 高効率の素子を作製することである。分極反転構造によ した光紫子の性能は、レンズやプリズム状の分極反応格 材料の持つ電気光学定数の大きさで決定される。 [0026] また、

【0027】しかしながら、従来のコングルエント結晶 基板を用いた場合には、QPM素子を作製するのと同じ ような自免分極の反転の制御が悪いという材料特性の問 題が依然として残されているため、箱度の良いレンズや プリズム状の分極反転構造の作製は実現されていなかっ

性が十分ではない場合が多い。本免明者らは、「B過剰の 光の波長や強度によっては、それでも、まだ、耐光損傷 使用する 定比組成に近いしT単結晶では、従来のコングルエント 光損恊闆値は3桁以上もばらつきがあり、その原因は良 也、第60回広用物理学会学術協演会購演予稿集2p-28-1, 第3分冊,1001頁,2000年)が、依然として、結晶毎に改 て耐光損傷閾値が向上することを報告した(古川保典 【0028】また、一致溶融組成して結晶は、 晶よりも耐光損傷性は大きいとされているが、 **結成に数べると、波展232mの数句光フー** く解明されていなかった。

る結晶では、安定して光損傷に強い結晶を提供するため 晶を育成するためには、無添加結晶の場合に较べて結晶 結晶内に均一に分布させ、光学的品質を劣化させずに結 いして単結晶は、耐光損傷性に優れるものの、分極反転 に近いして単結晶よりも分極反転構造を持つ光機能索子 【0029】このために、これまでに若干のTa過剰成分 には、略などの添加物を加えることが必要であった。し かし、脳を含んだしT単結晶の生産において、脳元衆を 育成速度を遅くしなければならず、生産性が悪くなると を再現性よく作成するのが難しくなるという新たな問題 倒 (Li₂0/(Ta₂05+Li₂0のモル分率が0.495~0.50)にあ いう問題があった。また、NgOを添加した定比組成に近 の制御性がWgの浪度に依存するため、無添加の定比相成 もでてきた。

【0030】さらに、耐光損傷性は、使用する光が背色 従来のLT単結晶の光損恊は、照射するレーザの波長が 上も低下することは短波長への光機能衆子応用上大きな 光損傷閾値は、波長532mでの耐光損傷閾値よりも2桁以 短くなると発生しやすくなり、波長が400両近傍での耐 から紫外の短波長光域になると更に厳しい問題となる。 問題であった。

【0031】このようなことから、不定比欠陥を全く含

9

Φ

2 8 7-

2

فريد ١

題を解決する手段として期待されるが、原料連続供給ニ **瓜るつぼ法を用いても、結晶全体や結晶ロット間のばら** つきなく完全結晶を育成することは難しく、歩留まりが まない完全なして単結晶を開発することが、これらの問 低下し、バルクの結晶を工築的に生産することは達成さ れていない。

組成結晶を開発手段としてコングルエント結晶基板上に はり、全く欠陥がない完全結晶を工業的に製造するには は、結晶組成をより定比組成に近づけやすい方法として [0032] 一方、苅殿または0.5m程度の口みの定比 LF処理を加える方法、またはコングルエント結晶基板 皮、あるいはVTE処理温度により結晶組成は変動し、や これらの場合でも液相の組成やLPに温 にVapor Transport Equilibration処理を加える方法 知られているが、 問題がある。

[0033]

問題を解決するため、ストイキメトリ組成のして結晶の キメトリ組成のして結晶が分極反転構造の制御性を向上 し、さらに耐光損傷性を向上するという光機能素子とし [課題を解決するための手段] 本類明者は、前記従来の 特性究明を鋭意機様していたところ、し;過期のストイ て仮れた特性を有することを見出した。

視から近赤外域の波長を持った入射レーザの波長を短波 長化あるいは長波長化させる光機能素子において、Li過 類のストイキオメトリ組成に近い礼i20/(Ta205+Li20)の [0034] すなわち、本発明の光썹能衆子は、タンタ ル酸リチウム単結晶の分極構造を周期的に反転させ、可 モル分甲が0.500~0.505であり、タンタル酸リチウム単 **結晶を基板に用いたことを特徴とする。**

題にあるタンタル酸リチウム単結晶に微少領域で分極反 **気を形成し、分極反応させることで種々の情報を単結晶** Li過剰のストイキオメトリ組成に近いLi20/(Ta205+Li2 【0035】また、本免明の光徴能衆子は、単一分域状 0)のモル分母が0,500~0,505でありタンタル酸リチウム 内に記録する光記位衆子あるいは光回路衆子において、 単結品を基板に用いたことを特徴とする。

気光学効果を利用して単結晶内に入射されたレーザ光を 制御する光策子であって、タンタル酸リテウム単結晶の 強誘電分極を反転構造の大きな屈折率変化を利用して光 の頃向、焦点、スイッチングを行う光素子において、Li 単結晶の記 過料のストイキオメトリ組成に近いLi20/(Ta205+Li20) のモル分車が0.500~0.505でありタンタル酸リチウム単 [0036]また、本発明の光樹胞滑子は、 **結品を基板に用いたことを特徴とする。**

なるタンタル酸リチウム単結晶のキュリー温度が686~6 【0037】また、前記光徴能索子においては、基板と 95℃の範囲であることが好ましい。

[0038] 前記光做能索子においては、タンタル酸リ チウム単結晶基板の分極反転に必要とする印加程圧が3K **V/m以下であることが好ましい。**

ル酸リチウム単結晶基板の耐光損傷閾値が、波長407nm の連模発版レーザ照射に対して103kW/cm2以上であるこ [0039]また、前配光機能衆子においては、

晶の分極反転構造を利用した光機能衆子用途として、あ る組成範囲にあるして結晶単結晶基板に潜目した点にあ る。Li20/(Ta205+Li20)のモルタでがの、50より大きくLi 能衆子における分極反転や光損傷制御の問題点は単結晶 **基板の組成にあることを突き止めた。本発明は、LT結** り、優れた分極反転制御性を持つことが、本発明者らに 成分が過剰な定比に近いして単結晶が従来の特性と異い 【0040】本発明者らは、LT単結晶を利用した光 よって初めて見いだされた。

ことが可能になった。これを利用することで、短波長光 ことで、光機能素子の耐光損傷特性を大幅に向上させる に適用する光機能素子の特性も飛躍的に向上することが 【0041】さらに、LT結晶の組成を、Li20/(Ta205 +Li20)のモル分率かい.50より大きくLi 成分過剰とする 明らかになった。

供給二重坩堝法によって、最近、ようやく、光学的に均 質な基板の作製が可能になった結晶であり、その光学特 【0042】今回見いだされた分極反転特性や耐光損傷 の効果である。定比相成に近いして単結晶は、原料連続 特性についても、このモル分率を有するして単結晶特有 に、定比よりもに成分過剰のして結晶基板の光学特性に る。また、この特性を利用した光機能衆子特性の大幅な 性については、未だ総てが明らかにされていない。特 ついては、本発明者らが初めて明らかにしたものであ 向上については、さらに未開拓な分野であった。

[0043]

グルエント組成して単結晶基板は、単結晶育成技術の制 比相成に近い組成のして結晶も、まだ若干Ta成分が過剰 i20)のモル分率が0.56~0.60)の融液から開発された定 【発明の寒施の形態】本来、LT単結晶の理想組成は、 Li:Ta比が1:1であるが、従来から市販されてきたコン i20)のモル分革が約0.485)。一方、原料連続供給二重 な倒 (Li20/(Ta205+Li20のモル分率が0.495~0.50)に **わから多旦のTa成分過剰のものである (Li20/(Ta205+**

【0044】本発明者らは、融液の組成を著しくLi成分 した融液から結晶を育成すると、し「成分が過剰の定比組 過剰 (Li20/(Ta205+Li20)のモル分率が0,60~0,67) に 成に近い (Li20/(Ta205+Li20)のモル分率が0.50よりオ きい) して単結晶が育成でき、Ta成分過剰による不定比 欠陥設度を抑えた単結晶が光機能衆子基板として優れた 特性を示すことをはじめて明らかにしたものである。

【OO45】すなわち、従来の結晶における過剰なTalc より形成される多量の欠陥が、光機能衆子応用にとって 大きな問題を引きおこすことを見い出した。 この欠陥の

存在によって、分極反転に必要な印加電圧と自発分極の く分極反転することが技術的に困難であるということが とがわかった。さらに、結晶内部で欠陥が不均一に分布 しており欠陥温度が高いような箇所では分極反転がピン ニングされやすいために、電圧印加法を用いても精度よ も、分極反転には数十kV/mmの高電圧が必要とされるこ 関係を示すヒステリシス曲線は非対称的になり、しか 明らかになった。 【0046】LT単結晶では、キュリー温度より高温の 常誘電相において、Li、Taイオンは電気的中性位置に配 置しているが、キュリー温度以下の強誘電相では、Liお 商電界を加えることでこのイオンを低温で強制的に移動 オンのずれの方向によったドメインの正負の分極方向が よびIaイオンが+2もしくは-2方向に少しずれる。このイ 決定されている。分極反転構造を持つ光機能素子では、 させることが必要になる。

定比欠陥を完全に排除したLi成分が過剰な定比組成に近 は、空位を通じてLiイオンは拡散移動しやすいもののLi サイトに入った過剰のTaを移動させることは容易ではな 分率が0.495~0.50)にある結晶よりも、Ta成分過剰の不 のことから、Ta過剰成分側 (Li₂0/(Ta₂05+Li₂0のモル いして単結晶 (Li20/(Ta205+Li20)のモル分率が0.500 【0047】一致溶融組成の不定比欠陥が多い場合に いため、分極反転には大きな印加電圧が必要となる。 ~0.505) が分極反転制御性に優れる。

は、結晶組成を精度良く評価するには高度に熟練した技 術による化学分析が必要で測定時間も長くかかる。これ 【0048】本発明は、Li成分が過剰な定比組成に近い **LT単結晶として、キュリー温度が686~695℃の範囲に** に対して、例えば結晶組成に特性が大きく依存する示唆 熱分析法によるキュリー温度測定は、結晶組成を簡便に いれ ある結晶は同じ特性を示すことを明らかにした。 管理、評価する方法で有用である。

[0049]また、光損傷についても過剰な成分のTaが 問題を引き起こしていたことが明らかになった。しば分 が過剰な定比組成に近いして単結晶 (Li20/(Ta205+Li2 0)のモル分率が0.500~0.505) に、あるいはキュリー温 度が103KW/cm2以上の532mの連続発版緑色光レーザを照 **度が686~695°Cの範囲にある種々のして単結晶に、光強** 射しても、全く光損傷は見られない。

[0050] さらに、従来未解決であったより短波長の 光強度が103KW/cm2の波長407nmの連続発援レーザ照射に 対して全く光損傷は見られず、この結晶を基板に用いた レーザ光入射に対しても耐光損傷関値が向上しており、 光素子も安定に動作できることが明らかになった。

[0051] 次に、本発明の光徴能素子として用いられ るして単結晶の製造方法と物性を示す。市販の高純度Li 2003、Ta205の原料粉末を準備し、 Li成分過剰原料とし てLi₂CO₃: Ta₂O₅の比が0.60:0.40、0.62:0.38、0.64: 0.36、0.66:0.34の割合で混合した。また、別に化学口

成形し、それぞれの組成比の原料を約1050℃の酸素中で して混合済みの化学豆餡比組成の連続供給用原料を約13 **論比組成原料として、Li2CO3:Ta2O5=0.50:0.50の割合** 焼結し原料棒を作成した。また、連焼供給用粉末原料と で混合した。次に、1ton/cm2の静水圧でラバーブレス 50℃の大気中で焼結して化学凸隘比組成原料も作成し

重るつぼ内のLi成分過剰組成の融液 (例えば、Li20/(Ta 205十上i20)のモル分率で0.60、0.62、0.64、0.66)に種 【0052】次に、原料連続供給型二重坩堝法を用いて 結晶をつけ、引き上げ速度0.5mm/h、結晶回転数20rpmで 定比組成に近い、すなわち、不定比欠陥温度を極力抑え た単結晶を得た。不定比欠陥の密度や構造を精密に制御 するために、結晶化した成長<u>位に見合った</u>凸のLi₂0/(Ta 給用原料を外側坩堝に自動的に供給しながら結晶を育成 定比組成に近いし、過剰のLT単結晶の育成を行った。ニ 205+Li20)のモル分率が0.50の化学凸論組成比の連接供

7. s

速度で楓結晶と反対方向に回転させた。育成条件は結晶 【0053】ここで、育成に用いた坩堝はイリジウムで るつぼは、直径85mm高さ90mmとした。この場合にも融液 組成を均一化させるために、育成に際して坩堝を4rpmの できており、外側るつぼは、直径125mm高さ70mm、内倒 回転速度を20rpm、引き上げ速度は0.5mm/hで一定とし、 育成雰囲気を0.05%酸無を含む窒珠中とした。

【0054】育成のプロセスにおいては、通常の光学用 コングルエントして単結晶の育成と同じように、光損低 を誘起する一要因と考えられている鉄やクロム等の過移 得られたアズグロウン結晶の内部の分域状態は多分域状 金属不純物はできるだけ入らないように注意を払った。 約1週間の育成により直径約55㎜、長さ約70㎜の大き さで、クラックのない無色透明のLT単結晶体を得た。 態であった。

予め、定比組成に関合し1500℃で焼結した定比組成の傷 【0055】そこで、ポーリングに先立ち、得られたし T単結晶のキュリー温度を示唆熱分析法により求めた。 準焼結試料を準備し、そのキュリー温度は694℃である ことを確認した。

62、0.64、0.66) 組成から得られたそれぞれのして単結 晶のキュリー温度を測定した。それぞれの結晶のキュリ でに報告されている定比組成に近い組成のして単結晶の 二重るつぼ内のこ成分過剰組成の融 **一温度は686~695℃の簡囲にあり、この温度は、これま** も、定比組成の協準焼結試料のキュリー温度に近いこと 液 (例えば、Li20/(Ta205+Li20)のモル分率で0.60、0. キュリー温度の675~685℃よりもさらに高温で、しか [0056] 次に、 がわかった。

【0057】さらに、ここで得られた一本の結晶から切 り出した試料のキュリー温度は、試料の切り出し位置に 依らず測定段差内で一定で、結晶組成の均質性は極めて

良いことも確認された。また、育成された結晶のキュリー温度は損準焼結試料のキュリー温度の694℃よりも大幅に高くなることはなかった。

[0058] 二国るつぼ内の融液組成をLi20/(Ta205十Li20)のモル分母で0.60よりも少しずつ、Li過類にしていくと、得られた結晶のキュリー温度は徐々に低下していく傾向が見られた。このことは、LT単結晶のキュリー温度が完全な定比組成結晶では、LT単結晶のキュリー温度が完全な定比組成結晶で立、リー温度の最大値695℃が定比相成の協準焼結試料のキュリー温度の694℃より高期度にあるのは、示唆熱分析法で求めるキュリー温度の割定開整によるものと考えられる。これらのことから、対定開発によるものと考えられる。これらのことから、対定はたれた結晶は完全な定比組成かあるいはLi 成分が定比組成よりも過類である可能性が考えられる。

【0059】そこで、化学分析法により直接組成を分析した。化学分析では組成比の絶対値を箱度良く求めることは難しく、LT結晶の場合Li20/(Ta205+Li20)のモル分率で約0.001~0.005程度の誤差を含んでいる。そこで、定比に近い組成のLT結晶については非常に慎重に組成を分析した。同一試料について数カ所の異なる分析装置を用いて評価し、その平均値を求めた。その結果、二重るつぼ内のLi成分過剰組成の融液(例えば、Li20/(Ta205+Li20)のモル分率で0.60、0.62、0.64、0.66)組成から得られたそれぞれのLT単結晶の場合、Li20/(Ta205+Li20)のモル分率の値は0.500~0.505の範囲にあり、Li成分が過剰な定比組成に極めて近いLT単結晶であることがわかった。

【0060】次に、毎られたそれぞれの結晶をキュリー 温度以上の約750℃に加熱した後、結晶の2軸方向から約 5~10V/cmの電圧を印加し、室温まで冷却することで単 一分域化した。単一分域化されたして単結晶から大きさ が35cm×35cm×50cmのブロック状試料を切り出し、メカ ノケミカル研磨により報面研磨を行った。試料の光学的 均質性をマッパッエンダー干渉法により評価したとこ る、マクロな久路や光学的に不均一な部分は見られず、 試料内の屈折率変化は1×10⁻⁵以下が得られ、光学的均 質性に優れていることが確認された。

【0061】このように、Li20/(Ta205+Li20)のモル分車が0.500~0.505の範囲にあるLi成分が過剰な定比相成に近いLT単結晶あるいは前述のキュリー温度が686~695での範囲にあるLT単結晶基板は、光学的均質性に破せました。

【0062】本毎明智らは、前述のTa成分過剰による不定比欠陥温度を抑えた単結晶は、従来の結晶における過剰なTaにより形成される多位の欠陥の存在によって、分極反低に必要な印加電圧と自免分極の関係を示すヒステリシス曲線は非対称的になり、しかも、分極反気には数十kv/mmの高電圧が必要とされるという問題や、結晶内部の不均一に分布する欠陥温度が高いような箇所では分種反転がピンニングされやすいために、電圧印加法を用

いても精度よく分極反転することが技術的に困難である という問題を解決して、光機能業子の高精度な分極反転 の形成が図れることを明らかにした。 【0063】次に、育成した種々の単結晶から30mm×30mmで厚みが0.5~3.0mmの2カット試料を切り出した。両2面に電極を形成した後、電圧を印加し、電流値の変化から分極反転電圧を測定した。その結果、図1に示すように、従来の一致溶破組成して単結晶では分極反転に必要な印加電圧が25kV/mm程度(反転電圧の21kV/mm程度成に近づくと2~4kV/mm程度の印加電圧で分極が反転することを確認した。

[0064]この結果は、本発明者らが先に報告した結果と一致している。本発明者らは、さらに、Li20/(Ta205+Li20)のモル分車が0.500~0.505の節囲にあるLi成分が過剰な定比組成に近いして単結晶試料では、分極反転に必要な印加電圧がさらに少なくて済み、印加電圧が0.5~1kV/m程度でも分極反転が形成できる試料も得られた。さらに、自発分極-印加電圧のヒステリシスは、完全な対称性を示し、内部電場は測定誤差内で0kV/mmであった。このため、分極反転のプロセスは極めて可逆的であり、分極反転プロセスの制御性が優れていることも明らかになった。

[0065]このように、同じ定比組成に近いして単結晶であっても、若干の1a過剰成分側 (Li20 / (Ta205+Li20のモル分單が0.495~0.50)にある結晶よりも、Ta成分過剰の不定比欠陥を完全に排除したLi20/(Ta205+Li20)のモル分率が0.500~0.505の範囲にあるLi成分が過剰な定比組成に近いして単結晶において分極反転制御性の大幅な向上が確認できた。

[0066]また、本発明者らは、光損傷についても過剰な成分のTaが問題を引き起こしていることに着目した。Li20/(Ta205+Li20)のモル分率が0.500~0.505の範囲にあるLi成分が過剰な定比組成に近いして単結晶、あるいはキュリー温度が686~695°Cの範囲にある種々のして単結晶に、波長532nmの連続発振緑色光(コヒーレント社製Verdi)および波長407nmの連続発振音紫光(コヒーレント社製、クリプトンレーザInova)を入射して光損傷の有無を類べた。

[0067] 種々の相成の結晶から、約5m3角の立方体試験を切り出し、x. v. z 両面を光学研磨し評価用試料を御倒した。結晶の z 軸、および x 軸方位から上記レーザ光をレンズで絞って光強度を10-3~103km/cm2の範囲で強度を少しずつ変えて入射して、結晶を通過したレーザ光のビームブロファイルをフィルターを通してビームブロファイラー(浜松フォトニクス社製)で観察した。レーザの個光方向は結晶の z 軸方向と平行とした。「0068] 光損傷が起きると結晶の z 軸方向にビームが広がり形状がゆがむ(ビームファンニング)ので、10分間の照射中にビームファンニングが発生して観測され

た場合、その入射光強度を光模協関値として定義した。 図2に示すように、若干のTa過剰成分側(Li20 /(Ta205 +Li20のモル分率が0.495~0.50)にある結晶では、試 料によって耐光損傷間値は2桁以上大きく変動してい た。この耐光損傷圏値は結晶の熱処理状態に大きく依存 [0069] すなわち、Liイオンサイトを団換する過剰なTaイオンが遠元された状態で誘起されるポラロンに超因した光吸収が耐光損傷図値を低下させる一因であると母えられた。これに対して、Li20/(Ta205+Li20)のモル分車が0.500~0.505の範囲にあるLi成分が過剰な定比組成に近いLT単結晶では、いずれの結晶の場合にも入射光強度が103km/cm²としても損傷は全く見られず、この柱晶を基板に用いた光素子の安定な動作が期待できることが明らかになった。この場合には、Liイオンサイトを間換する過剰なTaイオンが存在しないため、遠元された状態でもポラロンは誘起されないためであると考えられ、

[0070]なお、これまでに若干のTa過剰成分側 (Li 20/(Ta205+Li20のモル分率が0.495~0.50)にある結晶では、安定して光損衛に強い結晶を提供するためには略などの添加物を加えることが必要であった。これに対して、Li 成分過剰なタンタル酸リチウム単結晶では、Naなどの添加物を加えなくても耐光損傷閾値が高いということは、実用上大きな利点である。

[0071] この理由は、NRを含んだして単結晶の生産において、NR元素を結晶内に均一に分布させ光学的品質を劣化させずに結晶を育成するためには、無添加結晶の場合に数べて結晶育成速度を遅くしなければならず、生産性が悪くなるという問題があった。さらに、NRを含んだ結晶では分極反転特性が無添加結晶とは異なるため、制御性が悪くなるという問題があったが、本発明によりこれらの問題を解決することが可能となった。

【0072】 【実施例】以下実施例を用いて、本発明をさらに具体的に説明する。 上記の方法で作成したして単結晶を用いる光機能案子の一つとして、光波長変換案子に適用した場合の特性について説明する。図3は上述の方法で作成したところの組成上i20/(Ta205+Li20)のモル分率が0.500~0.505の範囲にあるLi成分が過剰な定比組成に近いして単結晶晶、あるいはキュリー温度が686~695°Cの範囲にある種々のして単結晶を基板に用いて、基板上に周期的分極反転構造を形成したQPMデバイスの概略構成図である。

板1の+z面に櫛形館極と平行電極をパターニングした。周期は約3.2μmで、波長850mに対して擬似位相整合するように設計された。一z面は、電極を全面に蒸増した。櫛形電極と平行電極の間、および櫛形電極と一z

を作成した。

面の茲面電極に、それぞれ電圧を印加し、周期的分極反 転領域2を形成した。

ز

9

Φ

722

特開2002

[0074] 用いたして結晶は、分極状態は予め非常に均一化されている。結晶に周期状の分極反転を形成する際にも、Li20/(Ta205+Li20)のモル分率が0.500~0.505の範囲にあるLi成分が過剰な定比相成に近いして単結晶、あるいはキュリー温度が686~695°Cの範囲にある種なのして単結晶においては、結晶の均一性に優れているため、均一な分極反転構造の形成が可能になる。通常のコングルエント組成のして結晶では、結晶内に小さな分極反転域を形成する場合、マイクロドメインによる分極反転構造を形成する場合、マイクロドメインによる分極反転形状の不均一性が生じる。さらに、本発明のして単結晶基板においては周期状分極反転構造の短周期化が容易であるという特徴を有する。

[0075] 従来のコングルエント組成LN結晶では、分極反転に必要な印加電圧が25kV/m程度(反転電圧の21kV/mmより数kV/m程度高い値を加える)と非常に大きいため、絶緑破域を避けるため窟極間隔を0、5mm以下に低減する必要があった。さらに、電極周辺部での電場の発生によりマイクロドメインを介して分極反転部が電極周辺部に拡大する傾向があり、短周期の分極反転構造を形成するのが難しかった。短周期でも3μm程度の反転構造を形成するのが難しかった。短周期でも3μm程度の反転構造を形成するのが難しかった。

[0076]これに対し、上述の方法で作成したしi20/(Ta205+Li20)のモル分率が0.500~0.505の範囲にあるLi成分が過剰な定比相成に近いして単結晶は、反転に必要な印加電界が0.5~2kV/m程度と従来の1/12~1/25以下となり、バルク素子としての基板厚みも拡大できた。[0077]以上のように、上述の方法で作成したして単結晶は、結晶内の分極構造が非常に均一であり、マイクロドメインが非常に少ないため、電極周辺部への分極反転の拡大が防止でき、従来は約3μmを超えていたが、本発明では2μm以下の短周期分極反転構造の形成も容易にできることがわかった。

[0078]分極反転格子を形成した後、結晶を取り外し、側面となる結晶のy面を研磨、フッ酸・硝酸の混合液でエッチングして、分極の反転の様子を関べた。周期分極反転偏比およびその分極の形は印加電圧のパルス幅や電流を最適化することで、試料全体にわたり周期分極の分極反転幅比を理想的な1:1に精度よく作成することが確認された。

[0079] 図3に示したOPM-SHG索子では、従来問題とされていた分極幅が横方向に広がることも押さえられていた。また、この周期分極反応構造の形成は厚み0.5mmの試料のみならず、より厚い他の試料についても同様に高精度に形成されており、これらの厚い試料は、例えば、内部共振器型の波長変換索子として最適であると考えられる。次に、ウエハを切り出して端面研磨した試料

9

Φ N N

ď,

. 4

は基本波となるレーザと共扱器内に挿入するか、あるい は光却波路を形成して基本波の半項体レーザを閉じ込め た。レンズ5を用いて光結合を行った。定比して結晶は る方式とし、これによって、衆子長10両の試料で約50% の変換効率で安定したSMG出力の発生を確認した。0PM-S HGデパイスの特性の評価は、基本波として、波長可変商 コングルエント結成して結晶に比べ1. 2倍以上の非徴 【0080】 広効率な波及変換のために、OPH-SHG紫子 出力Ti サンナイヤフーが (嵌 任850mm) 4 が用いられ め高効率の光波長変換案子が形成できた。

【0081】さらに、 耐光損傷強度の大幅な向上と安定 性、再現性も確認された。従来のTa成分過期のして単結 **帯)を出力すると、光扣協による出力の不安定性が生じ** 晶を利用した場合、数10ml以上の竹色光(波長:400ml ていた。すなわち、従来の一致溶融組成単結晶を基板と して用いたOPH-SHG発子では、この光投位のために協出 力を発生した場合に、ときおりSMG光出力が時間ととも に低下する現象は見られた。

(Ta205+Li20)のモル分車が0.500~0.505の範囲にあるL で50点以上の女色光に対しても、安定な出力が得られる ようになった。特に、徴扱が415m以下のSHG光に対 【0082】これに対し、上述の方法で作成したLi20/ i 成分が過剰な定比相成に近いして単結晶を用いること して、耐光損傷強度の向上は顕著に現れた。

【0083】この理由としては、まず1つめに、本免明 の組成のして結晶では、不定比欠陥温度が従来の一致溶 が散乱を受けにくく移動度が大きいために、フォトコン ダクティビティが高いことである。フォトコンダクティビティが高ければ、光損傷の超困となるフォトキャリア **融組成結晶に比べて遥かに小さいため、フォトキャリア** の局在は打ち消され、光損傷は発生しにくくなると考え 【0.084】2つめは、Ta過剰成分を含まないLi20/(Ta2 ンタル酸リチウム単結晶では、Liイオンサイトを配換す る過剰なTaイオンが存在しないため、過元された状態で も光損伍の原因となるポラロンは誘起されないためであ 05+Li20)のモル分率が0.50より大きくしi成分過剰なタ ると考えられる。

反転幅が数ミクロンと小さく、かつ、その比が完全な1:Iに形成されているために、たとえ、材料の光損低が [0085]3つめは、本免明の分極反転索子では分極 **多少存在したとしてもz軸方向に異方性を持つ光損低が** 瞬り合う分極間で相殺されるということである。

度が小さいことから、光散乱因子やストリエーションな どのマクロな結晶欠陥がほとんど含まれず、結晶の光吸 [0086] 4つめは、定比相成結晶では不定比欠陥設 収が非常に小さいことである。

関波による光吸収の増加から熱レンズ効果による光損低 【0087】特に、腐出力のSHG衆子では、 基本波や商

も発生する可能性があるが、結晶の完全性が高く、光吸 収の小さい定比組成して単結晶ではこれらの問題も解決 ば、基本波がこの二つの波長に限ることはなく、して単 されると理解される。また、ここでは、850nmの近赤外 光の基本波に対して背色光を発生するOPII-SHG索子を作 成した奥施例に付いて詳しく述べたが、本発明によれ 結晶が透明で、かつ位相整合が可能である波長域に関 て適用することが可能である。

能業子は、第二高調波発生業子に限らず、光パラメトリ 射レーザの波長を短波長化あるいは長波長化させる光機 周期的に反転させ、可視から近赤外域の波長を持った入 ック免扱器発子など、リモートセンシング、ガス検知を はじめとする各種の応用分野での適用が可能である。 【0088】さらに、本発明のして単結晶の分極構造 【0089】 寅始例2

赵

分平が0.500~0.505の範囲にあるLi 成分が過剰な定比組 ンドリカルレンズ、ピームスキャナー、スイッチなどの 上述の方法で作成したLi20/(Ta205+Li20)のモル $\overline{}$ 成に近いして単結晶に、レンズやプリズム状の分極反 構造を作製し電気光学効果を利用した偏向素子や、シ 光衆子を製作した。 ダ戸、

댇

換衆子8とレンズ9、10やプリズム状11の分極反転構造12 【0090】図4は、周期的分極反転を形成した波長変 準備し、両z面に厚さ約0.2ミクロンのAI電極をスパ m、両面研磨されたz-カットのLi成分過剰LT単結晶を ッタリングにより形成し、リングラフを用いて、レンス 2~2. Om を集積したに成分過剰して単結晶基板6を用いた光紫子 やプリズム状パターンを形成した。その後、+z面にノ ルス状の電圧を約0.5~2.0kV/mm印加し分極を反転させ の構成図である。直径2インチ、耳み0. た。

造の設計や分極反転構造の作製プロセスの精度、および **導入されるといわれている屈折率の不均一性を解消させ** ザ光の入出射面とした。試作した分極反転構造による屈 折率の反転を形成したして単結晶の電気光学効果を利用 で、特徴すべきことは、分極反転性電界が低く、かつ分 **極反転性の制御が非常に容易であることから良好な素子** 【0091】さらに、熱処理を施し、分極反転に際して した光衆子の住能は、レンズやプリズム状の分極反転構 **試作したレンズやプリズム状パターンの分極反転構造** た。さらに、結晶の蟷面を鏡面研磨仕上げを行い、レ 材料の持つ電気光学定数の大きさで決定された。 特性が得られたことである。

転に大きな印加電圧が必要なために分極反転構造の制御 **結晶に少⊡のMgOを添加した単結晶では反転周期が短** 【0092】従来の一致溶融組成のして結晶では分極反 くなり、反転構造が復雑になると、精度の良いレンズや が困難であった。また定比組成に近くTa成分過剰のLT プリズム状の分極反転構造の作製は困難だった。

【0093】これに対し、上述の方法で作成したLi20

(Ta205+Li20)のモル分率が0.500~0.505の範囲にあるL ム単結晶基板を分極反転構造を利用した光機能索子用途 ュリー温度が686~695℃の範囲にあるタンタル酸リチウ として用いることにより、光機能衆子の高精度な分極反 |成分が過剰な定比組成に近いして単結晶、あるいはキ 転の形成が可能であった

レンズやプリズム状の分極反転構造を作製し、電気光学 [0094] さらに、耐光損傷特性も問題とならないた ہر ا ムスキャナー、スイッチなどの光珠子を製作した場合に め、骨紫~緑色の短波長光を用いる光機能素子として、 効果を利用した偏向衆子やシリンドリカルレンズ、 も、光損傷によるピーム変形の問題はなかった。

[0095] さらに、本結晶は一致溶融組成の結晶より も大きな電気光学定数 r 33を有しているので、より小さ な動作電圧でより優れたデバイス性能が得られた。例え ば偏向素子の場合には約600//mmの電圧で約6℃と大き な偏向角が得られた。また、約100V/mm近傍で動作する ワンズや、約500V/mmでのスイッチング動作も得られ

実施例3

組成に近いして単結晶を用いて、して単結晶の微少分極 ル分率が0.500~0.505の範囲にあるLi成分が過剰な定比 反転部を用いた光記億衆子の作成方法を図5の概念図に 次に、上述の方法で作成したLi20 /(Ta205+Li20)のモ

態にあるが、それぞれの分域の大きさは数ミクロン程度 と小さく、LN単結晶の分域の大きさの数m~数cmに比 **ペて格段に小さい。このことは、して単結晶自体がLN** [0096] 既に述べたように、本発明のLi成分過剰な に、LT単結晶自身は、アズグロウン状態では多分域状 単結晶よりも数ミクロン以下の微少な分域形成が容易で LT単結晶は、従来のTa成分過剰なして単結晶に比べて 容易に分極反転が形成できるという特徴を持つ。さら あるという特徴を示唆している。

E、大きさ10mm×20mm角の周回母母されたzムカットLi成 分過剰なしT単結晶14を準備し、図5に示すように、+z マクスウエル・ストレスを利用した走査型顕微 鏡を用いて、微少領域に電圧を加えその部分17の分極方 [0097] そこで、図5に示すように、厚み0.2~1m 向を反転させた。 固から、「

【0098】この方法では、結晶の-2面に付着した電極 らに、微少な振動で誘起した電界によって、結晶に分極 反転を形成する。分極反転の形成と同時に試料数面の様 子や、誘導電界の振動振幅と位相および結晶の分極状態 15と伝導性のチップ16間に印加する交流電場に加え、さ をレーザ18と受光素子19を用いて観察した。この方法を 誘電体分極を利用した光索子を得ることができることを ロン程度の幅で2次元情報を容易に告き込み記憶する強 用いて、定比して組成に近い「過剰の単結晶内に1ミク

[発明の効果] 以上詳しく述べたように、本発明によれ ば、結晶基板にに過剰のストイキオメトリ組成に近いに 20/ (Ta205+Li20) のモル分率が0. 500~0. 505であるタン タル酸リチウム単結晶を用いることで、分極反応制御性 に仮れた衆子が奥現できるため、光樹能索子特性の大幅 な向上が期待できる。

ができる。これにより、本発明は、レーザ光を利用した で、耐光損傷性に優れ、光強度103KII/cm2以上の波長407 **回の連続免扱フーチ照射に対して安定に動作させること** 光情報処理、光加工技術、光化学反応技術、光計測制御 等々の分野での光機能衆子の実用化を促進させる大きな 【0100】さらに、枯晶苺板にし、過剰のストイキオメ ができるため、優れた性能の光做能衆子を提供すること トリ組成に近いし,20/(Ta205+し,20)のモル分率が0.500 ~0.505であるタンタル敵リチウム単結晶を用いること 効果をもたらす。

[図面の簡単な説明]

【図1】して単結晶の組成と分極反転特性の関係を示し

たグラフ。

[図2] LT単結晶の組成と光損塩図値関係を示したグ ラフ。

【図3】本発明の一英施例の光波長変換祭子を示す概念 S S

プリズム アンメ、 【図4】分極反転した波長変換祭子、 を集積した光紫子を示す概念図。 【図5】 L T 単結晶の微少分極反転部を用いた光記位条 子の作製力法を示す概例図。

1 Li成分過剰して単結晶基板 [符号の説明]

分極反転領域

周期的分極反転幅

被取回数フーが

アンメ

Li成分過剩LT単結晶基板

半時存フーが

周期的分極反転領域 むワンメ

回フング 9

プリズム =

分極反転領域 2

田群フーか

しば分泌剤して単結晶基板 3

電極 14 15

チップ 16

做少分極反転領域 1

8

安光報子 6

20

ロックインアン

.

٠,٠

レロントページの統計

1/39 G 0 2 F F -鐵別記号 1/39 (51) Int. Cl. 7 G 0 2 F

茨城県つくば市並木1丁目1番 科学技術 庁無機材質研究所内 保典 三中 (72) 発明者 (72) 発明者

00000

を比組成

一致游戏的现代

光始衛馬台 (KW/cm³)

Tanks Mana

20

·一批混乱组织

103

10°

10,

50.5

新品組成 LLのmol %

49.0

48.5

48.0

[図3]

102

[図2]

[E

北村 健二 茨城県つくば市並木1丁目1番 科学技術 庁無機材質研究所内

茨城県つくば市並木1丁目1番 科学技術 テーマコード(参考) F ターム(参考) 2H079 AA02 CA05 DA03 HA12 KA20 2K002 AB06 AB12 BA01 CA03 EA13 FA27 GA04 GA05 GA07 HA02 HA20 户無機材質研究所内 ## III (72) 免明者

5 **6**1

結晶組成 LLp mol % 49.0 49.5 [図4]

50.0

[図5]

1002-7226

φ

 $\widehat{\Xi}$